

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-032210

(43)Date of publication of application : 06.02.2001

(51)Int.Cl.

E01D 1/00

F16F 15/02

(21)Application number : 2000-074572

(71)Applicant : MITSUI ENG & SHIPBUILD CO LTD  
UNIV CHUO

(22)Date of filing : 16.03.2000

(72)Inventor : HIRANO HIROKAZU  
WATANABE SHIGERU  
INOUE HIROO  
SANO KENICHI  
MURAJI SHIGETOSHI

(30)Priority

Priority number : 11138615 Priority date : 19.05.1999 Priority country : JP

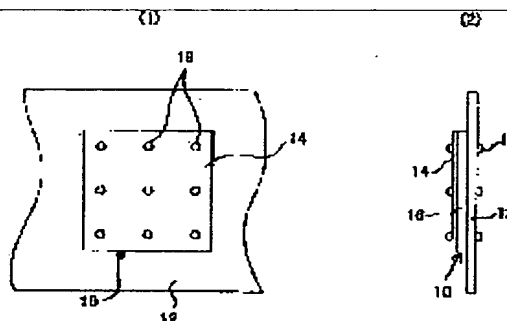
## (54) VIBRATION CONTROLLING CONSTRUCTION METHOD FOR BRIDGE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To effectively carry out sticking work by computing a vibration mode shape of a frequency band equal to that of a reduction target structure sound of a bridge component member and

performing installation to cover the top of the vibration mode flat by means of the vibration controlling member.

**SOLUTION:** A vibration controlling material 10 is provided with a thin steel plate 14 serving as a capture layer, and onto one face of the thin steel plate 14, a synthetic rubber 16 as a damping layer is stuck. Both of them are stuck and bound to each other integrally and constitute a short flat board body. Vibration is applied to a bridge girder material 12 by means of a hammering method for finding a bending vibration mode in a structure sound frequency band, and the top position of the bending vibration mode loop is arranged so as to be covered with the vibration controlling material 10. In this way, not only in an already constructed bridge but also in a newly constructed bridge, highly efficient vibration controlling and structure sound reducing effect can be provided.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.03.2006

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-32210

(P2001-32210A)

(43) 公開日 平成13年2月6日(2001.2.6)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

ターミナル(参考)

E 0 1 D 1/00

E 0 1 D 1/00

Z 2 D 0 5 9

F 1 6 F 15/02

F 1 6 F 15/02

S 3 J 0 4 8

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-74572(P2000-74572)

(22) 出願日 平成12年3月16日(2000.3.16)

(31) 優先権主張番号 特願平11-138615

(32) 優先日 平成11年5月19日(1999.5.19)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005902

三井造船株式会社

東京都中央区築地5丁目6番4号

(71) 出願人 599011687

学校法人 中央大学

東京都八王子市東中野742-1

(72) 発明者 平野 廣和

東京都多摩市豊ヶ丘5-1-13-101

(72) 発明者 渡邊 茂

東京都中央区築地5丁目6番4号 三井造

船株式会社内

(74) 代理人 100091306

弁理士 村上 友一 (外1名)

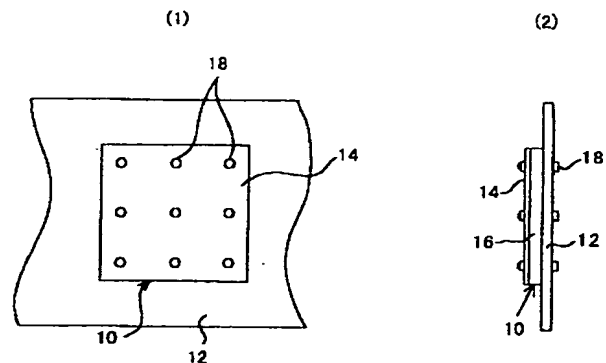
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 橋梁の制振施工方法

(57) 【要約】

【課題】 橋梁構成部材に対して、制振モードと制振材取付配置を効率よく設定して、効果的な制振材貼り付け作業を行なうことができるようにする。

【解決手段】 橋梁構成部材における低減目的構造音と周波数帯が同じ周波数帯の振動モード形状を算出し、その振動モードを腹の頂点を制振材が覆うように制振材を取り付ける。前記制振材を橋梁構成部材にボルトにより締め付け固定するようにすればよい。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 橋梁構成部材における低減目的構造音と周波数帯が同じ周波数帯の振動モード形状を算出し、その振動モードの腹の頂点を制振材が覆うように取り付けることを特徴とする橋梁の制振施工方法。

【請求項2】 橋梁構成部材における低減目的構造音と周波数帯が同じ周波数帯の振動モード形状を算出し、その振動モードの腹の頂点を覆うように制振材を取り付けるとともに、この制振材は複数に分割されて平板状に接合してなることを特徴とする橋梁の制振施工方法。

【請求項3】 前記制振材は橋梁構成部材に接合される弾性材からなる制振層の外面に金属平板からなる拘束層を積層させてなることを特徴とする請求項1または2に記載の橋梁の制振施工方法。

【請求項4】 前記分割接合された制振材の接合部を押え板材で覆うことを特徴とする請求項2に記載の橋梁の制振施工方法。

【請求項5】 前記制振材を橋梁構成部材にボルトにより締め付け固定することを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれか1に記載の橋梁の制振施工方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は橋梁の制振施工方法に係り、特に道路橋や鉄道橋などの橋梁構造物の構造音を低減するのに好適な制振施工方法に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、道路橋を車輛が通過する場合、騒音源としては大きく分けて二種類ある。その一つは走行車輛側から発生している走行音であり、他の一つは構造物自身から発生する構造音である。前者の走行音対策としては、ノイズリデュースや排水性舗装等が挙げられるが、後者の構造音対策では、経済性および施工性に優れた有効な方法がないのが現状である。

【0003】従来の主桁や横桁などの橋梁構成部材から発生する構造物固体音対策として用いられる対策は、鉄鋼材料からなる橋梁構成部材をコンクリートで巻きたてる方法や、構成部材の全面に接着材を用いて制振材を貼り詰めたり磁性ゴムからなる制振材を磁力を利用して取り付けるものであった。このような工法では、橋梁構成部材の全面にコンクリートを巻きたてたり、制振材を全面に貼り詰めることで、最大の騒音低減効果を得ることができるものとみられている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、橋梁などの構造音で問題となる周波数帯は、人間の可聴範囲に近い低周波数帯で、橋梁で用いられている制振材が得意とする周波数帯よりも低いため、実際の提起用例としては少ない。また、鋼桁部材をコンクリートで巻きたてる制振対策では、コスト・重量増加の問題があり、施工面でも、足場の組立・解体、養生・防食対策など、施工期

間の長期化は避けられない問題がある。したがって、橋梁構造音の対策としては、コスト・重量の増加の問題から、全面に対策を施せない場合があり、このような状況において最適な配置を検討する必要があるものの、その手法は確立されていないのが現状である。特に、問題となる騒音の周波数帯が低い場合には、橋梁構成部材の振動モードの波長が制振材の大きさより長くなるため、制振効果が極端に低減する。また、既設の橋梁に制振材を装着する場合には、重量の増加による作業性の問題や、箱桁内部に設置する場合のマンホール入口径の制限から、長い波長に対応した大きな制振材を用いることは困難であった。

【0005】本発明は、制振モードと制振材取付配置を効率よく設定して、効果的な制振材貼り付け作業を行なうことができるようにするための橋梁の制振工法を提供することを目的とする。また、作業性が良く、箱桁等のマンホールから搬入可能な大きさで、かつ、低い周波数帯の長い波長に対応した大きさの制振材を用いて橋梁の制振を行うことができる橋梁の制振工法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明に係る橋梁の制振工法は、橋梁構成部材における低減目的構造音と周波数帯が同じ周波数帯の振動モード形状を算出し、その振動モードの腹の頂点を制振材が覆うように取り付ける構成とした。

【0007】本発明に係る橋梁の制振工法の他の発明は、橋梁構成部材における低減目的構造音と周波数帯が同じ周波数帯の振動モード形状を算出し、その振動モードの腹の頂点を覆うように制振材を取り付けるとともに、この制振材は複数に分割されて平板状に接合して施工するようにしたものである。

【0008】これらの場合において、前記制振材は橋梁構成部材に接合される合成ゴムなどの弾性材からなる制振層の外面に、薄鋼板などの金属平板からなる拘束層を積層させるようにすればよい。また、前記分割接合された制振材の接合部を押え板材で覆うようにすれば良い。更に、上述した制振材は、橋梁構成部材にボルト・ナットで圧着固定するようにすればよい。

【0009】

【作用】接着材ではなく、ボルト・ナットにより締付力を加えて圧着することで、制振効果を増大し、接着材を塗布する必要がなく、現地での施工性に優れたものとなる。また、振動モードの腹の頂点を制振材が覆うように取り付けた場合、モードの節に取り付けた場合よりかなりの制振効果を得ることができ、効率の良い制振材の取付施工を可能にする。

【0010】また、制振材を分割構成とすることにより、作業性が良く、箱桁等のマンホールから搬入可能な大きさで形成できるため、既設の橋梁にも容易に制振材

を装着することができる。また、低い周波数帯の長い波長の場合には、振動モードの節内に対応した大きさの制振材を分割接合して複数個貼り付け作業を行なうことにより橋梁の制振を行うことができる。また、隣接する制振材の接合部を押え板材によって互いに連結することにより大きな制振効果を得ることができる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下に、本発明に係る橋梁の制振施工方法の具体的実施の形態を図面を参照して詳細に説明する。図1は実施形態に係る橋梁の制振施工方法により制振材10を橋梁桁材12に取り付けた構成例を示す概略図である。制振材10は、拘束層としての薄鋼板14を有しており、この片面に制振層としての合成ゴム16を貼り付けて構成され、両者は互いに接合一体化されて矩形平板体を構成している。橋梁桁材12に取り付けた状態では、図示のように薄鋼板14が外面に露出するように取り付けられ、橋梁桁材12の振動を前記薄鋼板14と合成ゴム16の複合構造で制振するようになって

いる。  
【0012】前記制振材10はボルト・ナット18により橋梁桁材12に取り付けるようにしており、制振材10が矩形平板とされているため、実施形態では平板面を等間隔に区画した格子点でボルト締めしている。このため、制振材10を現場で橋梁桁材12に取り付ける作業は容易である。

【0013】ところで、上記制振材10を橋梁桁材12に取り付ける位置は次のように設定する。橋梁などで問題となる構造音は人間の可聴範囲（概ね15Hzから20kHz）に近い周波数帯域（数Hzから1kHz程度）であるため、ハンマリング法により橋梁桁材12に振動を付与し、前記構造音周波数帯域における曲げ振動モードを求め、図2に示すように、この曲げ振動モードの腹の頂点位置を前記制振材10が覆うように配置するのである。

【0014】このように制振材10を橋梁桁材12に配置することにより、橋梁の構造音を効率的に減衰することができるのは以下の実験例から確認されている。

（実験例）既設の橋梁の制振・構造音低減を目的とし、\*

	①	②	③	④	⑤
解析値[Hz]	12.0	33.0	64.7	106.6	159.2
実験値[Hz]	12.5	33.8	65.0	107.5	162.5

【0018】解析値と試験結果はほぼ等しくなり、試験結果により得られた卓越周波数は低次のモードにおける曲げ振動が起因していることが解り、試験片の振動モード形状も、解析により求めた各周波数毎のモード形状と一致していると推測される。

【0019】図4の下段に解析により得られた曲げ振動モード形状（(A)1次～(C)3次）を示す。解析で用いた両端の境界条件は自由端である。図の横軸は試験片（全長2000mm）の左端からの距離を表している。

\*問題となる比較的低い周波数帯（数Hzから1kHz）での制振材10の配置と取り付け方法を検討したものである。具体的には、振動鋼部材の振動モード形状と減衰測定試験（ハンマリング法）を行ない、その試験データにより、各卓越周波数（モード形状）毎の振動の損失係数 $\eta$ と制振材10の取付配置を比較した。

【0015】ここで用いた橋梁桁材12の試験片の大きさは500mm×2000mmであり、板厚は道路橋桁部材で多く用いられている9mm厚とした。制振材10は300mm×300mmの大きさとし、合成ゴムと薄鋼板の組み合わせからなる構造としてボルト・ナットにより試験片に圧着した。制振材10の取り付け中心位置は、試験片長手（2000mm）方向に、端から250、625、1000、1350、1750mmの計5個所に設定した。配置の検討では、取付位置をパラメータとして、各位置に制振材10を1つ取り付け、吊り下げた試験片の一端をハンマーで打撃した。インパルスハンマー試験では、試験片固有の様々な振動モードが励起され、そのままでは各モードの減衰を評価できない。そこで、減衰波形を低次の卓越振動モードの周波数で帯域制限し、卓越モード毎の減衰波形を抽出し、各取付位置および振動モードにおける減衰を評価した。

【0016】図3に制振材10を取り付けた場合の卓越周波数（1/3オクターブバンド毎）に対する振動加速度と音圧（平坦特性）の減衰量（-dB）を示す。ここで示した結果は、全部の制振材取付位置（5個所）に制振材10を取り付けたときの例である。図の縦軸の振動加速度・音圧の減衰量（-dB）は、試験片のみでの結果を基準とした差を示している。各周波数毎の振動加速度と音圧の低減量は同様な傾向を示し、制振材10で構造物を制振することにより、構造音が大幅に低減できていることが解る。

【0017】表1は、本試験片の長手方向における曲げ振動モード（1次～5次）の周波数解析値と実験により得られた振動加速度の低振動数側から5番目までの卓越周波数を示す。

【表1】

	①	②	③	④	⑤
解析値[Hz]	12.0	33.0	64.7	106.6	159.2
実験値[Hz]	12.5	33.8	65.0	107.5	162.5

【0020】取付位置毎にハンマリングを行ない、得られた減衰振動波形を各モードの周波数で帯域制限し、各周波数毎の損失係数 $\eta$ を算出した。図4の上段に試験により得られた制振材取付位置に対する損失係数を示す

（(A)-1次～(C)-3次）。各グラフの点は取付中心位置を示し、幅を持たせているのは制振材10の幅（300mm）を示している。なお、試験片のみおよび全制振材取付位置（計5枚）に制振材を取り付けた場合の損失係数 $\eta$ は各々0.001、0.012である。

【0021】図4により、各周波数毎のモード形状と得

られた損失係数 $\eta$ の関係をまとめると以下のようになる。

(1) 一次モード

制振材をモードの腹(位置③)に取り付けた場合に制振効果が高い。しかし、両端に取り付けた場合(①、⑤)は位置③と同等の振幅比があるにも拘わらず、制振効果が低く、試験片のみと殆どかわらない。

(2) 二次モード

制振材をモードの腹(②、④)に取り付けた場合に制振効果が高い。一方、モードの節(①、③、⑤)に制振材

(3) 三次モード

上記のモードに比べ、定在波の波長が長くなるため、制振材をどの位置に取り付けても制振効果はある。しかし、位置③と比べ、位置①、②、④、⑤ではモードの頂点を覆っていないため、位置③ほどの効果は得られない。

【0022】このように、制振効果に大きく影響するのは、試験片における曲率の大きさである。モード形状の節に制振材を取り付けた場合には殆ど制振効果がなく、仮に振幅比が大きくても曲率が小さい場所(例として(A)の位置①、⑤)では制振効果は小さい。よって、高い制振効果を得るには、制振材でモードの腹の部分

を跨るように覆う必要があることが理解できる。制振材を最適に配置すれば、1枚でも全配置(制振材5枚)のおおよそ半分の減衰効果を得ることができる。

【0023】このように、問題となっている振動・騒音の周波数を把握し、構造解析や現地計測によりその周波数帯の振動モード形状を求め、その結果に基づき、大きさも含めて対象振動数に有効な制振材を、振動モードの曲率の大きな部分、すなわち振動モードの腹に当たる部分だけに取り付けることにより、効率的に制振効果と構造音の低減効果を実現することができる。

【0024】次に、他の実施形態に係る橋梁の制振施工方法について図面を参照して詳細に説明する。なお、以下では、前記実施例と同一部品には同一符号を付して説明は省略する。図5および図6は、他の実施形態に係る橋梁の制振施工方法であり、図5は正面図、図6は図5の下側側面図である。当該実施形態は制振材10を複数に分割しつつ分割線で接合して平板状に構成するようにした例である。図5および図6において、前記第1の実施形態と同様に、制振材10は、拘束層としての薄鋼板14を有しており、この片面に制振層としての合成ゴム16を貼り付けて構成され、両者は互いに積層一体化されて矩形平板体を構成しているが、同一サイズとなるように二分割されている。

【0025】すなわち、この制振材10は、分割された二つの制振材10X、10Yの一边10aを互いに接合した状態で、橋梁桁材12に取り付けられているとともに、薄鋼板14が外面に露出するように取り付けられて

いる。このとき、二つの制振材10の一边10aは振動モードの腹Paに当たる部分に位置し、二つの制振材10の他辺10bは振動モードの節Qaに当たる部分に位置している。橋梁主桁12の振動は、二つの前記薄鋼板14と合成ゴム16の複合構造で制振するようになって

いる。【0026】前記二つの分割制振材10X、10Yは、それぞれが300mm×300mmの大きさとし、合成ゴムと薄鋼板の組み合わせからなる軽量の構造としているため、作業性が良く、箱桁等のマンホールから容易に搬入することができ、既設の橋梁にも容易に装着することができる。また、前記二つの制振材10X、10Yは、それぞれがボルト・ナット18により橋梁桁材12に取り付けるようにしており、制振材10X、10Yが矩形平板とされているため、実施形態では平板面を等間隔に区画した格子点でボルト締めしている。このため、制振材10を現場で橋梁桁材12に取り付ける作業は容易である。

【0027】図7および図8は、更に他の実施形態に係る橋梁の制振施工方法であり、図7は正面図、図8は図7の下側側面図である。この第3の実施形態は、上述した第2の実施形態における分割制振材10X、10Yの外面に更に薄鋼板からなる押え板材20を積層した構成としたものである。すなわち、押え板材20は、拘束層としての薄鋼板14の外側面に重ねられて取り付けられている。このとき、隣接する制振材10X、10Yの切れ目、すなわち、二つの制振材10X、10Yの接する一边10aを押え板材20によって押え込むように配置されている。押え板材20によって、制振材10X、10Yをサンドイッチ状態に挟み込んで橋梁桁材12に連結させることにより、前述した第2実施形態の場合に比較して減衰量で最大約-30dB以上(生板の状態と比較して最大-40dB以上)の大きな減衰効果を得ることができ、大きな制振を得ることができた。また、図7では、押え板材20は、二つの制振材10X、10Yの全体を覆っているが、接合線部分をカバーする短冊状にして覆っても良い。

【0028】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る橋梁の制振施工方法は、橋梁構成部材における低減目的構造音と周波数帯が同じ周波数帯の振動モード形状を算出し、その振動モードの腹の頂点を制振材が覆うように制振材を取り付けるようにしたので、既設橋梁のみならず新設橋梁においても、高効率な制振・構造音の低減効果を得ることができる。また、平面分割して互いに接合形成された制振材の分割線部分を押え板材によって互いに連結することにより、減衰量で最大約-30dB以上の大きな減衰を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】制振材を橋梁桁材に取り付けた状態を示す正面

図と側面図である。

【図2】制振材の取付位置と振動モードとの関係を示す正面図である。

【図3】制振材を取り付けた場合の卓越中心周波数に対する振動加速度と音圧の減衰量を示すグラフである。

【図4】制振材取付位置に対する損失係数と振動モード形状の比較図である。

【図5】第2の実施形態に係る橋梁の制振施工方法の制振材を橋梁桁材に取り付けた状態を示す正面図である。

【図6】第2実施形態に係る橋梁の制振施工方法の制振材を橋梁桁材に取り付けた状態を示す下側側面図であ \*

＊る。

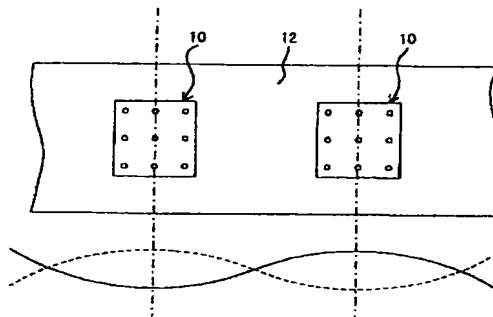
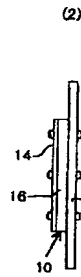
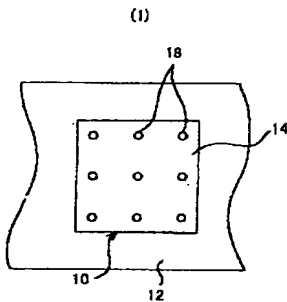
【図7】第3の実施形態に係る橋梁の制振施工方法の制振材を橋梁桁材に取り付けた状態を示す正面図である。

【図8】第3の実施形態に係る橋梁の制振施工方法の制振材を橋梁桁材に取り付けた状態を示す下側側面図である。

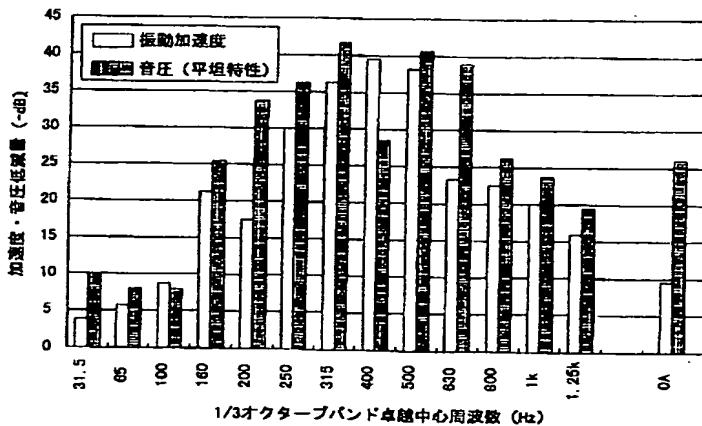
【符号の説明】

10……制振材、12……橋梁桁材、14……薄鋼板（拘束層）、16……合成ゴム（制振層）、18……ボルト・ナット、20……押え板材

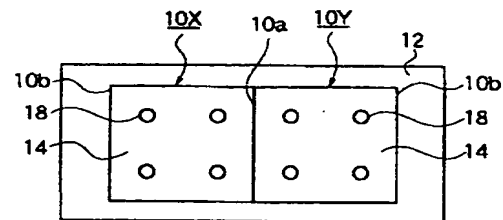
【図1】



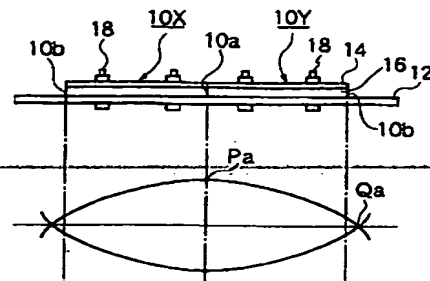
【図3】



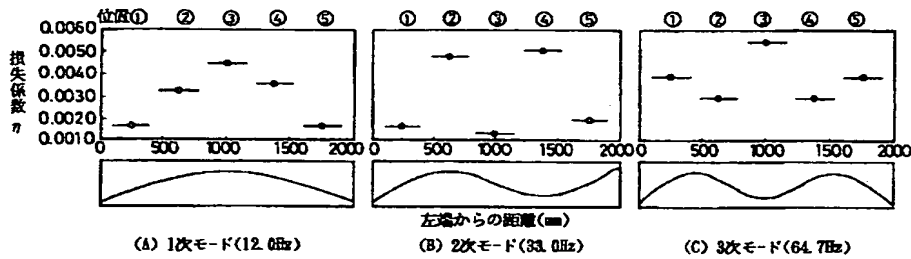
【図5】



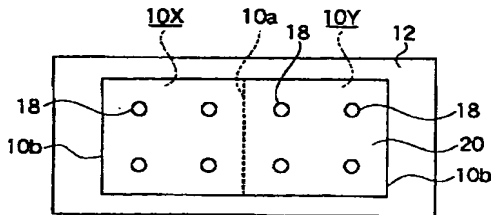
【図6】



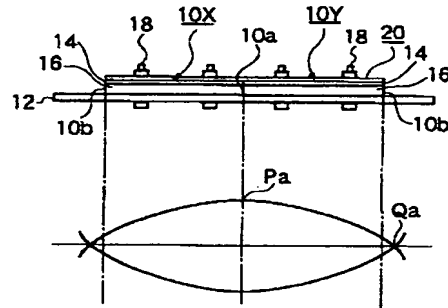
【図4】



【図7】



【図8】



## 【手続補正書】

【提出日】平成12年5月8日(2000. 5. 8)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0027

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0027】図7および図8は、更に他の実施形態に係る橋梁の制振施工方法であり、図7は正面図、図8は図7の下側側面図である。この第3の実施形態は、上述した第2の実施形態における分割制振材10X、10Yの外面に更に薄鋼板からなる押え板材20を積層した構成としたものである。すなわち、押え板材20は、拘束層としての薄鋼板14の外側に重ねられて取り付けられている。このとき、隣接する制振材10X、10Yの切れ目、すなわち、二つの制振材10X、10Yの接する一辺10aを押え板材20によって押え込むように配置されている。押え板材20によって、制振材10X、10Yをサンドイッチ状態に挟み込んで橋梁桁材12に連結させることにより、前述した第2実施形態の場合に比較して減衰量で最大約10dB以上(生板の状態と比較して第2実施形態の場合には最大約30dB以上、第3実施形態の場合で最大40dB以上)の大きな減

衰効果を得ることができ、大きな制振を得ることができた。また、図7では、押え板材20は、二つの制振材10X、10Yの全体を覆っているが、接合線部分をカバーする短冊状にして覆っても良い。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0028

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0028】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る橋梁の制振施工方法は、橋梁構成部材における低減目的構造音と周波数帯が同じ周波数帯の振動モード形状を算出し、その振動モードの腹の頂点を制振材が覆うように取り付けたので、既設橋梁のみならず新設橋梁においても、高効率な制振・構造音の低減効果を得ることができ、また、平面分割して互いに接合形成された制振材を用いることによって、制振材がない場合に比較して減衰量で最大約30dB以上の大きな減衰を得ることができ、加えてその分割線部分を押え板材によって互いに連結することによりさらに大きな減衰を得ることができる。



## フロントページの続き

(72)発明者 井上 浩男  
東京都中央区築地5丁目6番4号 三井造  
船株式会社内  
(72)発明者 佐野 健一  
東京都中央区築地5丁目6番4号 三井造  
船株式会社内

(72)発明者 連 重俊  
東京都中央区築地5丁目6番4号 三井造  
船株式会社内  
Fターム(参考) 2D059 GG05 GG25  
3J048 AB02 BA11 DA10 EA38

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

## **IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**